

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-175052

(43)Date of publication of application : 24.06.1994

(51)Int.Cl.

G02B 26/08

G02B 6/12

(21)Application number : 04-331812

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD  
NIPPON TELEGR & TELEPH  
CORP <NTT>

(22)Date of filing : 11.12.1992

(72)Inventor : MIZUNO HIDEKI  
IWASHIMA TORU  
SHITOMI TATSUHIKO  
YAMANISHI TORU  
SATO MAKOTO

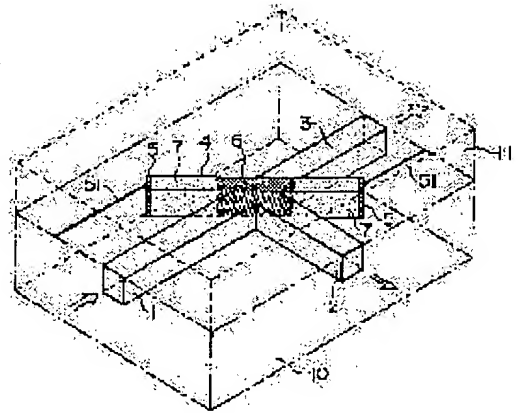
## (54) OPTICAL SWITCH AND OPTICAL SWITCH ARRAY

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide the optical switch which suppresses the coupling loss in optical coupling and has a self-holding function.

CONSTITUTION: Optical waveguides 1, 3 and an optical waveguide 2 intersecting orthogonally therewith are formed in the front layer part of a substrate 10. Further, a groove 4 having a depth to shut off the optical waveguides 1 and 3, respectively, and having wall surfaces of such a direction where the light signal of the optical waveguide 1 is reflected to the optical waveguide 2 is formed at the intersected point of these optical axes.

A glass plate 11 is fixed to the substrate 10 by an adhesive (not shown) so as to close this groove 4 from above. Platinum electrodes 5 are disposed at both ends in the longitudinal direction of the groove 4. Vapor deposited wirings 51 of gold are connected to these electrodes 51. Mercury 6 is encapsulated in the central part in the longitudinal direction in the groove 4 and an electrolyte soln. 7 is encapsulated therein by holding the



mercury 6 therebetween.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-175052

(43) 公開日 平成6年(1994)6月24日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 26/08		H 9226-2K		
6/12		H 9018-2K		

審査請求 未請求 請求項の数10(全 8 頁)

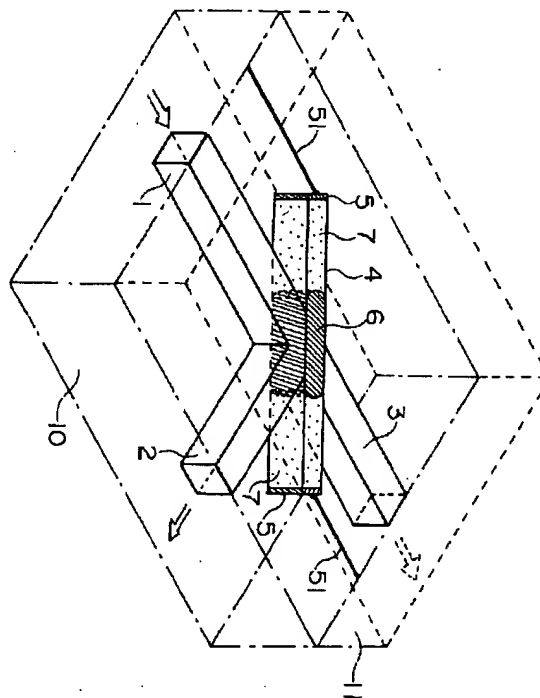
(21) 出願番号	特願平4-331812	(71) 出願人	000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(22) 出願日	平成4年(1992)12月11日	(71) 出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町一丁目1番6号
		(72) 発明者	水野 秀樹 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内
		(72) 発明者	岩島 徹 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内
		(74) 代理人	弁理士 長谷川 芳樹 (外3名) 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光スイッチおよび光スイッチアレイ

(57) 【要約】

【目的】 光結合における結合損失を抑え、かつ、自己保持機能を有する光スイッチを提供する。

【構成】 基板10の表層部に光導波路1、3、および、これらと直交する光導波路2が形成されている。さらに、これらの光軸の交点において、光導波路1と3とをそれぞれ遮断する深さを有し、かつ、光導波路1の光信号を光導波路2へ反射させるような方向の壁面を有する溝4が形成されている。そして、上方より溝4を塞ぐようにガラス板11が接着剤（図示せず）により基板10と固定されている。また、この溝4の長手方向の両端には白金電極5が配置され、この電極5には金の蒸着配線51が接続されている。また、溝4中の長手方向の中央部には水銀6が封入され、この水銀6を挟んで電解質溶液7が封入されている。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】 基板と、

前記基板中に設けられた第1の光導波路と、  
前記基板中に設けられ、前記第1の光導波路と交差する  
第2の光導波路と、

前記第1の光導波路および前記第2の光導波路をそれぞれ  
構造上不連続とし、前記第1の光導波路の光軸と前記  
第2の光導波路の光軸との略交点に外壁面を有する管  
と、

前記管の長手方向の両端部付近に設けられた電極と、  
前記管の中に封入された金属と、

前記管の中に封入された電解質溶液とを備え、

前記外壁面の法線と前記第1の光導波路の光軸となす角  
度と、前記法線と前記第2の光導波路の光軸となす角  
度とは略等しいことを特徴とする光スイッチ。

【請求項2】 前記金属として液体金属を使用すること  
を特徴とする請求項1記載の光スイッチ。

【請求項3】 前記管は、前記電解質溶液と共に気泡が  
封入された液だめをさらに備えることを特徴とする請求  
項1記載の光スイッチ。

【請求項4】 前記電解質溶液として光学的に透明な溶  
液を使用することを特徴とする請求項1記載の光スイッ  
チ。

【請求項5】 光導波路を有する基板にエッチングによ  
り設けられた溝と別に用意された基板とが接着されるこ  
とにより、前記管が形成されたことを特徴とする請求項  
1記載の光スイッチ。

## 【請求項6】 基板と、

前記基板中に設けられ、それぞれ平行な光軸を有するn  
本の入力側光導波路と、

前記基板中に設けられ、それぞれ平行な光軸を有し、前  
記入力側光導波路とそれぞれ交差するm本の出力側光導  
波路と、

前記入力側光導波路の光軸と前記出力側光導波路の光軸  
とのそれぞれの略交点に外壁面を有するn×m個の管  
と、

前記管の長手方向の両端部付近に設けられた電極と、

前記管の中に封入された金属と、

前記管の中に封入された電解質溶液とを備え、

前記管はそれぞれの交点において、当該入力光導波路お  
よび当該出力側光導波路をそれぞれ構造上不連続とし、  
前記外壁面の法線と前記入力側光導波路の光軸となす角  
度と、前記法線と前記出力側光導波路の光軸となす角  
度とは略等しいことを特徴とするn×m光スイッチアレ  
イ。

【請求項7】 前記金属として液体金属を使用すること  
を特徴とする請求項6記載の光スイッチアレイ。

【請求項8】 前記管は、前記電解質溶液と共に気泡  
が封入された液だめをさらに備えることを特徴とする請  
求項6記載の光スイッチアレイ。

【請求項9】 前記電解質溶液として光学的に透明な溶  
液を使用することを特徴とする請求項6記載の光スイッ  
チアレイ。

【請求項10】 光導波路を有する基板にエッチングに  
より設けられた溝と別に用意された基板とが接着される  
ことにより、前記管が形成されたことを特徴とする請求  
項6記載の光スイッチアレイ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

10 【産業上の利用分野】 本発明は光路中に設置された反射  
機能を有する部材を移動させることにより、光路を切り  
替える光スイッチに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来からマトリックス状に配列された光  
路の交点に、光の透過・反射機能を有する部品を設置す  
ることにより、n×mのマトリックススイッチを実現す  
る方法が提案されている。

20 【0003】 例えば、「United States Patent 498815  
7」には、マトリックス状に形成された光導波路の交点  
に、この光導波路のコア部の屈折率にほぼ等しい屈折率  
整合液を充填し、この液体中に気泡を発生させることに  
より光路の交点において光を透過、あるいは反射させて  
任意の入射側光路と出射側光路との接続を実現する方法  
が記載されている。

30 【0004】 この他にも、マトリックス状導波路の交点  
の屈折率整合液が充填された溝中に配置された反射ミラ  
ーを電磁力で挿抜する方法が「特開平3-215811」に記載  
されている。また、「電子情報通信学会 予稿 C-191  
1992」には、マトリックス状導波路の交点溝中に屈折率  
整合液を注入、排出する方法が記載されている。

40 【0005】 さらに、交差する導波路の交点に導波路面  
に対し垂直な方向に反射ミラーを静電力によって移動さ  
せる方法等が提案されている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 従来から提案されてい  
る方式は、製造性および信頼性の点でいくつかの課題が  
残されている。

【0007】 例えば、屈折率整合液中に気泡を発生、消  
滅させる方式は、気泡の発生という物理・化学的に不安  
定な現象を利用しているため、温度変化、気圧変化に対  
して不安定である。また、反射ミラーを電磁力、静電力  
で移動させる方式は、光軸と反射ミラー表面との角度を  
保持するために超精密加工技術を要し、実現性が乏し  
く、さらに、無電力自己保持が難しいという欠点がある。

【0008】 また、屈折率整合液を注入、排出する方式  
も、光路周辺から整合液を光学的レベルで完全に除去す  
ることが難しい。

50 【0009】 本発明は以上の問題に鑑み、光結合におけ  
る結合損失を抑え、かつ、自己保持機能を有する光ス

ッチを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】以上の問題を解決するため、本発明は、基板と、基板中に設けられた第1の光導波路と、同一基板中に設けられ、第1の光導波路と交差する第2の光導波路と、第1の光導波路および第2の光導波路をそれぞれ構造上不連続とし、第1の光導波路の光軸と第2の光導波路の光軸との略交点に外壁面を有する管と、管の長手方向の両端部付近に設けられた電極と、管の中に封入された金属と、管の中に封入された電解質溶液とを備え、外壁面の法線と前記第1の光導波路の光軸となす角度と、前記法線と前記第2の光導波路の光軸となす角度とは略等しいことを特徴とする。

【0011】また、金属として液体金属、特に、水銀を使用し、電解質溶液として光学的に透明な溶液を使用することを特徴としても良い。さらにまた、管は電解質溶液と共に気泡が封入された液だめをさらに備えることを特徴としても良い。そして、管が、光導波路を有する基板にエッチングにより設けられた溝と別に用意された基板とが接着されることにより形成されることを特徴としても良い。さらには、このスイッチをマトリクス状等に配置してm×nの光スイッチアレイを形成しても良い。

【0012】

【作用】光軸の異なる2つの光導波路の交点に設けられた管の中に水銀（一般には金属）と電解質溶液とが封入され、光が管の中を横切って通過するか、管の中の水銀により反射するかによって光路の切り替えが行われる。そして、この光路の切り替えは、その両端に取り付けられた電極に電圧を加え、その管の中の水銀を移動させることによりスイッチングを行う。

【0013】すなわち、光導波路はそれぞれ構造上不連続、すなわち、管によりそれぞれの光導波路が遮断されているため、入力側の光導波路の光軸上に水銀が存在すれば、光導波路と接している外壁面がこの水銀によりミラーとなり、すなわち、水銀が反射面となって光路が変わり、光はその方向の出力側の光導波路に導かれる。反対に、入力側の光導波路の光軸上に水銀が存在しなければ、光導波路はそれぞれ構造上不連続ではあるが、光学的には連続であるために光路は変化せず、光はそのまま直進し、入力側の光軸とほぼ等しい光軸を有する出力側の光導波路に導かれる。

【0014】さらに、この管中の水銀の移動原理を詳しく説明する。水銀と電解質溶液の界面は、外から電圧を加えていないとき水銀側が+、電解質溶液側が-に帯電し電気二重層を形成している。後述するように水銀の界面張力は、この電気二重層にかかる電圧に依存している。両端から電圧をかけていないとき、電気二重層にかかっている電圧は水銀表面どこでも等しいので、界面張力も等しく水銀は静止している。両端に電圧をかける

と、水銀の表面は同電位であるが電解質溶液には極わずかに（ $\sim 10^{-6}$  A程度）の電流が流れることによる電圧降下のために、場所によって電解質溶液の電位が異なる。このことから、電気二重層にかかる電圧は場所によって異なり、水銀の界面張力も場所によって異なる値をもつので、水銀を駆動することができる。

【0015】水銀（一般には金属）と電解質溶液間の界面張力が界面間の電位差で変化する現象は、一般に電気毛管現象として知られている。金属と電解質溶液を接触させるとその界面において接触電位差が生じる。それは、両相におけるキャリア（この場合、金属中の自由電子と電解質溶液中のイオン）はそれぞれの相の内部では異なる電気化学ポテンシャルをもっているが、界面においてはこの電気化学ポテンシャルが等しくなるようにキャリアの分布が変化する（すなわち、分極が起こる）。よって、界面で電気二重層が形成され接触電位差が生じる。界面で化学反応が起こらない条件のものでは、界面での電荷のやり取りはないので、この電気二重層は一種のコンデンサと考えることができる。

【0016】したがって、この電気二重層の両端に電圧を加えることにより、電気二重層に蓄えられている電荷量を変化させることができる。金属面でのイオン吸着などない理想的な場合、金属と電解質溶液間の電位差Vと界面張力の間には次のような関係がある。

【0017】

$$\gamma_c = \gamma_0 - (1/2) CV^2 \quad (\text{Lippman の式})$$

ここで、 $\gamma_0$ はV=0の時の界面張力、Cは電気二重層の静電容量を示す。この式から、界面の両側に電位差を与えることにより $\gamma_c$ を変化させることができ、水銀を駆動させることができる。

【0018】また、本発明によれば、光路を直接切り替えるので低損失な光結合を行わせることができる。

【0019】さらに、本発明による装置を用いるならば、スイッチ（光路）を切り替えるとき、すなわち、水銀を移動させるときのみ電圧を加えれば良く、電圧を加え続ける必要はない。換言すれば、本発明による装置は自己保持機能を有している。

【0020】

【実施例】図1は本発明の基本的な実施例の斜視図であり、図2は図1の光導波路平面における上面図である。以下、これらを参照しながら説明する。

【0021】基板10の表層部に同一光軸を有する入力用の光導波路1（1辺100 $\mu$ m以下同様）と出力用の光導波路3、および、これらと直交する光軸を有する出力用の光導波路2が形成されている。さらに、これらの光軸の交点において、光導波路をそれぞれ構造上不連続にするように、すなわち、光導波路1を遮断し、同時に光導波路3を遮断する深さを有し、かつ、光導波路1の光信号を光導波路2へ反射させるような方向の壁面を有する溝4（深さ100 $\mu$ m・幅20 $\mu$ m・長さ6mm）

が形成されている。すなわち、入力用の光導波路1の光軸から見た出力用の光導波路2の光軸の方向をプラスの向きとすれば、光導波路1の光軸に対して $-45^\circ$ から $+135^\circ$ の方向へ延びる溝4が、光導波路1と光導波路2との交差部に形成されている。そして、上方より溝4を塞ぐようにガラス板11が接着剤(図示せず)により基板10と固定されている。

【0022】また、この溝4の長手方向の両端には白金電極5が配置され、この電極5には金の蒸着配線51が接続されている。また、溝4中の長手方向の中央部には水銀6が封入され、この水銀6を挟んで電解質溶液7として $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (0.2mol/l) が封入されている。なお、図1、2においては、水銀6がほぼ中央に位置しているため、光導波路1、2と接する外壁面がこの水銀6によりミラーとなり、入力用の光導波路1からの光信号が、この水銀6によって反射して出力用の光導波路2へ伝わる様子を示している。そして、両端の電極5に電圧を加えて長手方向のどちらか一方に水銀6を移動させることにより、入力用の光導波路1からの光信号は水銀6によって反射することなく電解質溶液7を透過して直進し、出力用の光導波路3に伝わる。

【0023】次に、この実施例の装置の製造工程を簡単に説明し、合わせてこの装置における測定データを示す。図1に示すようなパターンのシングルモードの2本の石英系光導波路1、2および3とを火炎堆積法とイオン性エッチング法とを用いて形成した。そして、光導波路1、2の交差部分に幅 $20\mu\text{m}$ 、深さ $100\mu\text{m}$ 、長さ6mmの溝4をエッチングで形成した後、その溝4の長手方向の両端部分に白金電極5を取り付け、さらに、白金電極5と外部装置とを電気的に接続するために金配線51を蒸着した。

【0024】次に、溝4中に水銀6と電解質溶液7を入れ、あらかじめ水銀6が交差部分にくるようにセットした後、上からガラス板11を被せて、接着剤を用いて密閉した。さらに、別に用意した光ファイバと各光導波路1、2、3との接続面をYAGレーザを用いて融着した。

【0025】そして、 $1.3\mu\text{mLD}$ を用いて光導波路1側より光を入射したところ、光は水銀6のミラーで反射され光導波路2から出射した。また、両端に2Vのバ  
ルス電圧を加えたところ水銀6は+電圧を加えた電極5側から-電圧を加えた電極5側へ移動し、出力光は光導波路2から光導波路3へ切り替わった。次に逆向きに電圧を加えたところ、水銀6は前述の方向と逆方向に移動して元の位置に戻り、出力光は光導波路3から光導波路2へ切り替わった。

【0026】これらの動作を繰り返し行っても、同じ現象が起こった。透過時(光導波路3出力時)、反射時(光導波路2出力時)の損失を測定したところ、透過時0.5dB、反射時2.5dBであった。スイッチング

時間は約0.1秒であった。

【0027】図3に第2の実施例の上面図を示し、これに沿って説明する。図1および図2に示した実施例と構造上の異なる点は主に、光導波路2と同一光軸を有する光導波路21が溝4の反対側に形成されている点、溝4の形状が異なる点、さらに、電極5の配置が異なる点である。

【0028】溝4の形状の違いによる動作の影響が大きいので、特にこれを詳述する。溝4の幅の約10%の突起を有する条形状の透過時用ストッパー41と反射時用ストッパー42とが、溝4の両壁面に沿って形成されている。さらに溝4の長手方向の両端部分には液だめ43が設けられ、白金電極5が長手方向に、すなわち、液だめ43の壁面から中央部に延びるように配設されている。

【0029】溝4中の長手方向の中央部には、反射時用ストッパー42に接し、かつ、光導波路1からの光信号が光導波路2へ反射するのに十分な水銀6が封入され、この水銀6を挟んで電解質溶液7として $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (0.2mol/l) が封入されている。この状態においては、光導波路1からの光信号は水銀6によって反射し光導波路2に伝わり、また、光導波路21からの光信号は水銀6によって遮断される。

【0030】なお、両端の電極5に電圧を加えて水銀6を移動させたときは、水銀6は透過時用ストッパー41に接し、かつ、光導波路1および光導波路2の光軸上に水銀6は存在しないようにしてある。よってこの時、光導波路1からの光信号は水銀6によって反射することなく電解質溶液7を透過して直進し光導波路3に伝わり、また、光導波路21からの光信号も水銀6によって遮断されることなく電解質溶液7を透過して直進し光導波路2に伝わる。

【0031】このように、ストッパー41および42を備えることにより、確実に水銀6の位置が決定できるので、スイッチ切り替えのための水銀移動用の電圧の制御が容易になる。さらに、電極5と水銀6との接触を防止することができる。

【0032】また、液だめ43に気泡71を同時に封入することにより、水銀の移動の際に生じる圧力変化を吸収することができる。

【0033】さらに、図3の実施例では、光スイッチは $1\times 2$ スイッチ(1入力2出力)としたが、図4のように構成することにより、必要に応じて $2\times 2$ スイッチ(2入力2出力)とすることもできる。図4に示した実施例と異なる点は、光導波路に比べて十分に幅の狭い溝4が形成されることにより、水銀6が交差部に存在して反射状態にあるときは、光導波路21の光は光導波路3へ伝わる点である。

【0034】また、上述した実施例における製造工程の一部をより詳しく説明するために、図5に本発明の光ス

イチの実施例の斜視図を示す。

【0035】コア部が埋め込まれている光軸が直交する2本の光導波路1(3)、2を有する基板12の光導波路1、2の交差部分に幅20 $\mu$ m、長さ6mmの溝4をエッチングで形成する。ここで、エッチングの深さはコア部よりも十分深くする必要がある。その後、コア部に達しない程度の浅い溝13をエッチングで形成し、溝4の長手方向の両端部分に白金電極5を取り付ける。さらにその後、白金電極5と外部装置とを電気的に接続するために金配線51を蒸着する。次に、溝4中に水銀6と電解質溶液7を入れ、あらかじめ水銀6が交差部分に

るようにセットし、接着剤20を塗付した後、上からガラス板11を被せて密閉する。

【0036】浅い溝13は、毛細管現象により溝4中の水銀6と電解質溶液7とが外部に漏れるのを確実に防止するためのものである。すなわち、溝4に沿って周囲に浅い溝13を形成し、浅い溝13またはこの周囲に適量の接着剤20を塗付するならば、上からガラス板11を被せて密閉した際に、接着面に切れ目なく接着剤が行き渡ることにより、水銀6と電解質溶液7とが外部に漏れることを確実に防止もしくは抑止することができる。なお、この様な溝は光導波路を有する基板12側に形成する必要はなく、ガラス板11側に同様の溝14を形成することによっても実現できる。

【0037】図6および図7は上述した光スイッチを多数個配置した光スイッチアレイの構成概略図である。以下、これに沿って簡単に説明し、合わせてこの装置における測定データを示す。

【0038】図6の光スイッチアレイ(1 $\times$ 10光スイッチ)は同一基板上に形成されているもので、1本の入力用の光導波路の光軸に直交する光軸を有する10本の出力用の光導波路が等間隔で平行に並び、それぞれの交差部(10か所)には水銀と電解質溶液とが封入された管が光軸と約45度の角度を成している。光導波路の交差部における個々の光スイッチの構造は、上述した実施例と同様の構造である。なお、ここでは管には水銀と電解質溶液としてN,N-Dimethyl Formamideとを封入した。

【0039】予めSW1を光導波路の交差部に水銀が来るように、すなわち、反射状態になるように、また、SW2 $\sim$ SW10を光導波路の交差部に水銀が存在しないように、すなわち、透過状態になるようにセットした。入力導波路より1.3 $\mu$ mLDを用いて光を入射させたところ、出力光は出力導波路1より出射した。2Vの脉冲電圧を加えることによりSW1、SW3 $\sim$ SW10を透過状態、SW2を反射状態としたところ、出力光は出力導波路2より出射した。SW1 $\sim$ SW9を透過状態、SW10を反射状態とするまでこの動作を繰り返し行い、それぞれの出力光を測定し、光の通る経路による損失を算出した。その結果、損失の最大値は4.5dB(出力導波路10)、最小値は2.5dB(出力導波路

1)であった。

【0040】さらに、図7の光スイッチアレイ(10 $\times$ 10光スイッチ)は同一基板上に、光スイッチがマトリックス状に形成されているもので、それぞれ平行な10本の入力用の光導波路の光軸に直交する光軸を有する10本の出力用の光導波路が等間隔で平行に並び、それぞれの交差部(100か所)には水銀と電解質溶液とが封入された管が光軸と約45度の角度を成している。光導波路の交差部における個々の光スイッチの構造は、上述した実施例と同様の構造である。なお、ここでは図6に示した実施例と同様に、電解質溶液としてはN,N-Dimethyl Formamideを用いた。

【0041】予め各々光スイッチの電極に一時的に電圧を加えることにより各々の管中の水銀の位置を調整し、SW1 $\sim$ SW9、SW11 $\sim$ SW100を透過状態、SW10を反射状態とした。ファイバと各光導波路とを融着した後、入力導波路1から1.3 $\mu$ mLDを用いて光を入射させたところ、出力光は出力導波路10から出射した。2Vの脉冲電圧を加えることによりSW9を反射状態、SW10を透過状態としたところ、出力光は出力導波路10から出力導波路9へと切り替わった。この動作を繰り返し行い、それぞれの出力光を測定し、光の通る経路による損失を算出した。その結果、損失の最大値は9dB(入力導波路1から出力導波路10)、最小値は2.5dB(入力導波路10から出力導波路1)であった。

【0042】図6のように多数の本発明の光スイッチを同一光路上に配設したり、また、図7のようにマトリックス状に光スイッチを配設することにより、自由に、かつ、低損失に接続切り替えができる。また、多数の光スイッチを高密度実装でき、装置自体を小形化できる。

【0043】本発明は前述の実施例に限らず様々な変形が可能である。

【0044】図3および図4において、条形状の突起部を水銀6の移動の両端部分にのみストッパー41および42として設けたが、これらの形状、数量および大きさはこれに限らない。また、さらにそれらの中間部に突起量がより小さい突起部を設け、水銀6の移動を2値的な動作とするようにしても良い。

【0045】実施例においては、管をエッチングで溝を形成し、水銀および電解質溶液を入れた後、接着剤を用いて上部より蓋を被せることにより形成したが、作成方法はこれに限らない。例えば、先に基板中に空洞を形成し、その後、基板表面より空洞に達する穴を設けて水銀および電解質溶液を注入し、さらにその穴を塞ぐようにしても良い。

【0046】また、ミラーとして反射に用いた水銀の代わりに、他の液体金属を用いても良い。さらに、マッチングオイル等を同時に用いて移動の際の摩擦等の支障を生じないようにすることにより、通常の金属を使用する

ことも可能である。

【0047】さらに、実施例では2Vのパルス電圧を加えたが、これは、この数値は使用する電解質溶液・金属の種類、管の大きさ（全長・幅・深さ）および形状、移動させる距離、移動時間等の諸条件により変化することは言うまでもなく、また、必要に応じて、直流電圧を加え続けても良い。

【0048】さらにまた、各光導波路の光軸と水銀等を封入した管の軸（長手方向）とは同一平面内にある必要はなく、各光導波路の光軸を含む平面に対して垂直に管を形成しても良い。すなわち、図2において光導波路が紙面と平行に形成されたとすれば、管4を紙面と垂直に形成しても良い。この場合、図2の実施例の説明における表現と同じ表現を用いるならば、光導波路1、2の交差部分に幅20 $\mu$ m、深さ6mm、長さ200 $\mu$ mの溝4を形成することになる。

【0049】

【発明の効果】以上の通り、本発明によれば、光軸の異なる2つの光導波路の交点に設けられた管の中に水銀（一般には金属）と電解質溶液とが封入され、入射した光を管の中を横切って通過させるか、管の中の水銀により反射させるかの制御をすることにより光路の切り替えを行うことができる。そして、この光路の切り替えは、その両端に取り付けられた電極に電圧を加え、この管の中の水銀を移動させることによりスイッチングを行うことができる。

【0050】そして、反射状態にミラーとして用いる金属に水銀等を使用し、また、透過状態に光伝送媒体となる電解質溶液として、透過率が高く、かつ、屈折率が光導波路のコアの屈折率に近いものを使用することにより、非常に効率の高い光結合を行うことができる。

【0051】また、エッチング技術等の半導体製造技術

をもって、光導波路およびミラーとして反射面に利用する管（溝）の壁面を形成するために非常に精度の高い光軸合わせが可能である。同様に、微細加工が可能のため、集積化が可能であり、光スイッチを小形化することができる。また、ミラーとして水銀等の液体金属を用いているため動作時の機械的な劣化がなく、長期間にわたって高い安定性を得ることができる。

【0052】さらに、本発明による光スイッチによれば、常に電圧を加える必要はなく、光路の切り替え時のみに電圧を加えれば良い（自己保持機能）。このため、消費電力を極めて少なくすることができる。特に、切り替えを頻繁に行う必要のない箇所に使用するならば効果は非常に大きい。さらにまた、乾電池等の電圧でも十分に動作するため、光スイッチ自体に電源装置を設ける必要がなく、さらに装置を小形化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の概略斜視図である。

【図2】本発明の第1の実施例の上面図である。

【図3】本発明の第2の実施例の概略上面図である。

【図4】第2の実施例の変形例の上面図である。

【図5】実施例の製造工程を説明するための斜視図である。

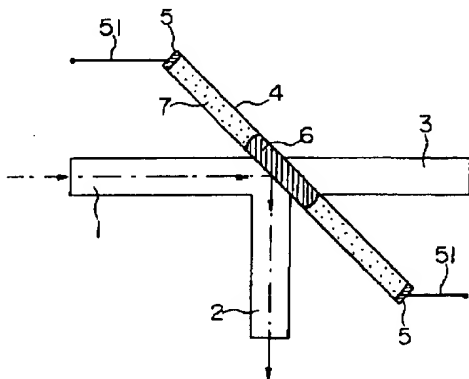
【図6】本発明の応用実施例である1 $\times$ 10スイッチアレイの概略図である。

【図7】本発明の応用実施例である10 $\times$ 10スイッチアレイの概略図である。

【符号の説明】

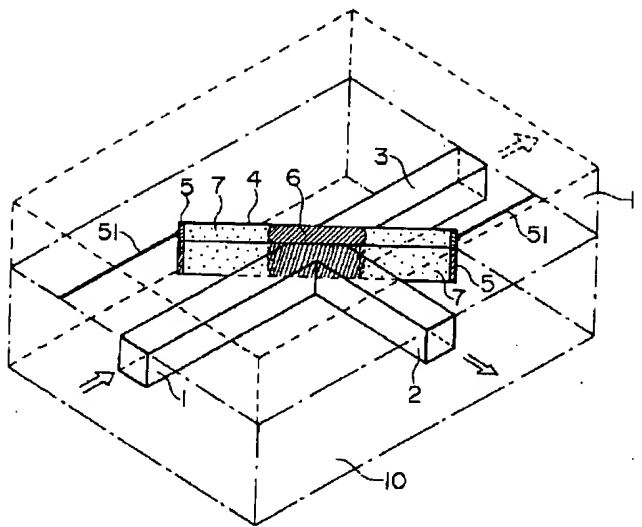
1、2、3、21…光導波路、4…溝、41…透過時用ストッパー、42…反射時用ストッパー、43…液だめ、5…電極、51…配線、6…水銀、7…電解質溶液、71…気泡、20…接着剤。

【図2】

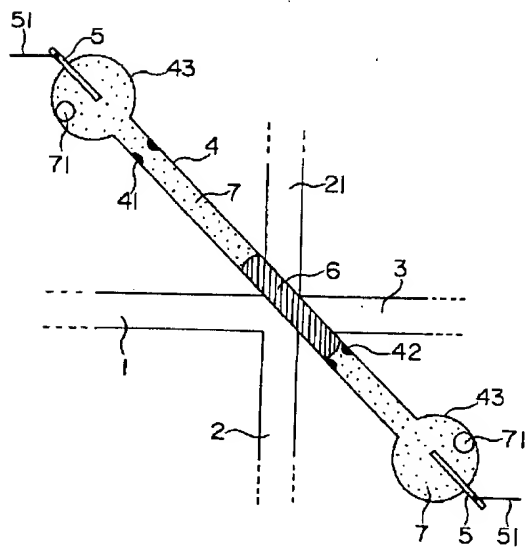




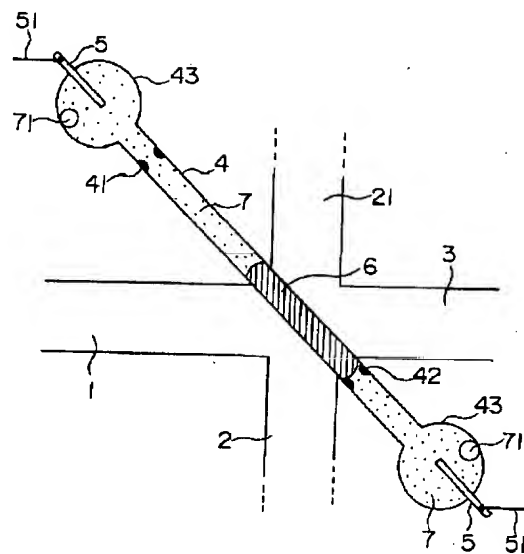
【図1】



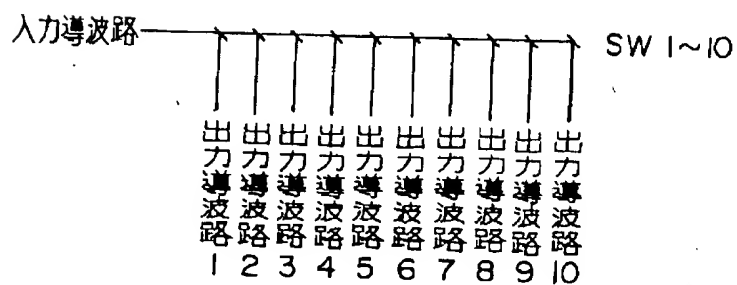
【図3】



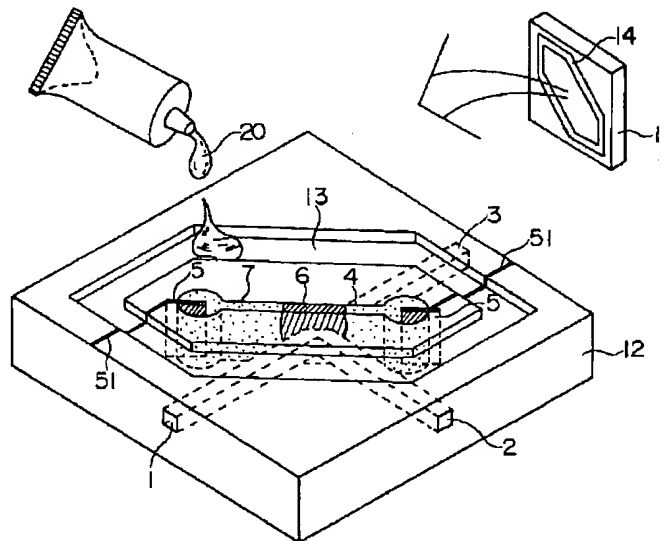
【図4】



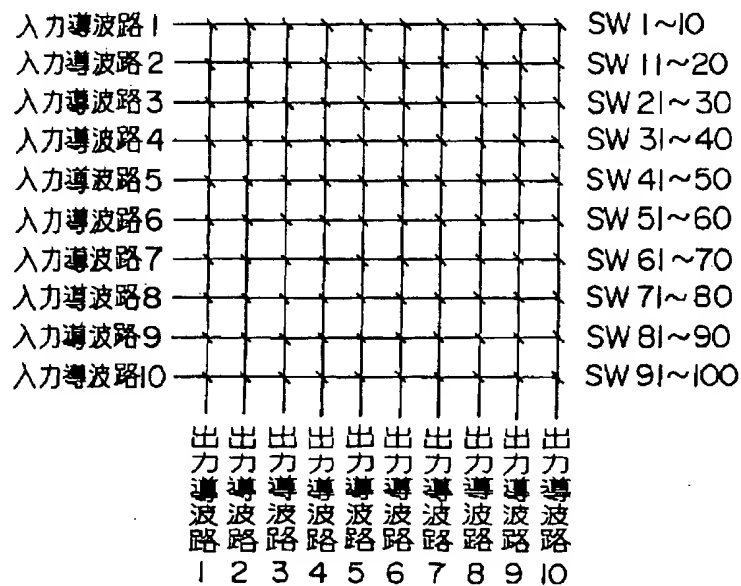
【図6】



【図5】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 蔀 龍彦  
 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
 気工業株式会社横浜製作所内

(72)発明者 山西 徹  
 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
 気工業株式会社横浜製作所内  
 (72)発明者 佐藤 誠  
 東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
 本電信電話株式会社内